



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103237970 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201180046211. 3

(22) 申请日 2011. 07. 26

(30) 优先权数据

61/372, 252 2010. 08. 10 US

13/050, 781 2011. 03. 17 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 03. 26

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2011/045275 2011. 07. 26

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/021285 EN 2012. 02. 16

(73) 专利权人 迪傲公司

地址 美国纽约

(72) 发明人 H·A·基德 H·F·米勒

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 秦振

(51) Int. Cl.

F02C 6/16(2006. 01)

F01K 27/00(2006. 01)

F02C 6/14(2006. 01)

F02C 7/00(2006. 01)

审查员 孙龙飞

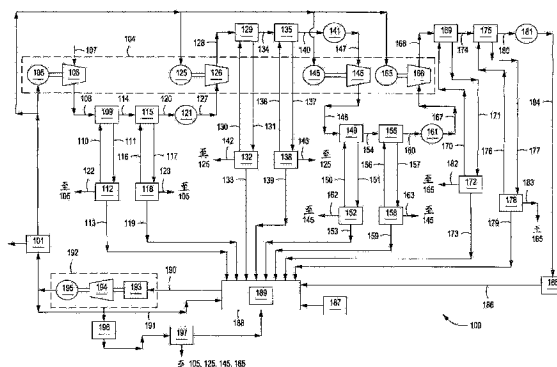
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

绝热式压缩空气蓄能处理

(57) 摘要

一种压缩气体蓄能系统,包括压缩机,压缩机适于接收处理气体并且输出被压缩的处理气体。热传递单元可以连接于压缩机并且适于接收被压缩的处理气体和热传递介质并且输出被冷却的处理气体和被加热的热传递介质。压缩气体储存单元可以连接于热传递单元并且适于接收并储存被冷却的处理气体。废热回收单元可以连接于热传递单元并且适于接收被加热的热传递介质。



1. 一种压缩空气蓄能系统,包括:

压缩机,所述压缩机适于接收处理气体并且输出被压缩的处理气体;

热传递单元,所述热传递单元连接于所述压缩机并且适于接收热传递介质和所述被压缩的处理气体并且输出被冷却的处理气体和被加热的热传递介质;

压缩气体储存单元,所述压缩气体储存单元连接于所述热传递单元并且适于接收并储存来自所述热传递单元的所述被冷却的处理气体;

废热回收单元,所述废热回收单元连接于所述热传递单元并且适于接收所述被加热的热传递介质并产生电力;

电加热器,所述电加热器连接于所述废热回收单元并且适于接收来自所述废热回收单元的电力并产生热量;

蓄热体,所述蓄热体与所述电加热器和所述压缩气体储存单元热连通,并且所述蓄热体适于被所述电加热器所产生的热量加热、适于接收来自所述压缩气体储存单元的所述被冷却的处理气体、适于加热来自所述压缩气体储存单元的所述被冷却的处理气体、并且适于输出被加热的处理气体;以及

发电单元,所述发电单元连接于所述蓄热体并且适于接收所述被加热的处理气体并产生电力输出。

2. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述电加热器设置在所述蓄热体上和 / 或所述蓄热体中。

3. 根据权利要求 2 所述的系统,还包括可再生能源源,所述可再生能源源连接于所述电加热器并且适于对所述电加热器供电。

4. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述发电单元包括连接于发电机的膨胀器。

5. 根据权利要求 4 所述的系统,还包括位于所述蓄热体与所述膨胀器之间的燃烧器。

6. 根据权利要求 1 所述的系统,其中所述压缩机是超音速压缩机。

7. 一种发电方法,包括:

利用压缩机压缩处理气体,以产生被压缩的处理气体;

利用热传递单元将热量从所述被压缩的处理气体传递到热传递介质,以产生被冷却的处理气体和被加热的热传递介质;

将所述被冷却的处理气体储存在压缩气体储存单元中;

将所述被加热的热传递介质输送到连接于所述热传递单元的废热回收单元;

在所述废热回收单元中产生电力;

利用来自所述废热回收单元的电力给电加热器供电;

利用所述电加热器来加热蓄热体;

将所述被冷却的处理气体从所述压缩气体储存单元输送到所述蓄热体;

利用所述蓄热体来加热所述被冷却的处理气体,以产生被加热的处理气体;

将所述被加热的处理气体从所述蓄热体输送到发电单元;以及

利用所述发电单元产生电力输出。

8. 根据权利要求 7 所述的发电方法,还包括:

利用驱动器来驱动所述压缩机;以及

利用所述废热回收单元向所述驱动器提供动力。

9. 根据权利要求 7 所述的发电方法,还包括使所述压缩机以超音速运转。

10. 根据权利要求 7 所述的发电方法,其中所述电加热器设置在所述蓄热体上和 / 或所述蓄热体中并且对所述蓄热体进行加热。

11. 根据权利要求 7 所述的发电方法,还包括利用所述发电单元来加热蓄热体。

12. 根据权利要求 11 所述的发电方法,其中利用所述发电单元来加热蓄热体还包括利用所述发电单元向所述电加热器供电,其中所述电加热器设置在所述蓄热体上和 / 或所述蓄热体中并且对所述蓄热体进行加热。

13. 根据权利要求 7 所述的发电方法,还包括利用可再生能源来加热蓄热体。

14. 一种压缩空气蓄能系统,包括:

驱动器;

压缩机,所述压缩机连接于所述驱动器并由所述驱动器驱动,所述压缩机适于压缩处理气体;

第一热传递单元,所述第一热传递单元连接于所述压缩机并且适于接收来自所述压缩机的处理气体并且将热量从所述处理气体传递到第一热传递介质;

第一废热回收单元,所述第一废热回收单元连接于所述第一热传递单元并且适于接收来自所述第一热传递单元的第一热传递介质并产生第一电力输出;

处理冷却器,所述处理冷却器连接于所述第一热传递单元并且适于接收来自所述第一热传递单元的处理气体并冷却处理气体;

压缩气体储存单元,所述压缩气体储存单元连接于所述处理冷却器并且适于接收来自所述处理冷却器的处理气体并储存处理气体;

电加热器,所述电加热器连接于所述第一废热回收单元并且适于接收所述第一电力输出;

蓄热体,所述蓄热体连接于所述电加热器和所述压缩气体储存单元并且适于被所述电加热器加热、适于接收来自所述压缩气体储存单元的处理气体、并且适于加热该处理气体;以及

发电单元,所述发电单元连接于所述蓄热体并且适于接收来自所述蓄热体的处理气体并产生第二电力输出。

15. 根据权利要求 14 所述的系统,其中所述电加热器设置在所述蓄热体上和 / 或所述蓄热体中。

16. 根据权利要求 14 所述的系统,还包括第二热传递单元,所述第二热传递单元位于所述第一热传递单元与所述处理冷却器之间,并且适于接收来自所述第一热传递单元的处理气体并且将热量从该处理气体传递到第二热传递介质。

17. 根据权利要求 16 所述的系统,还包括第二废热回收单元,所述第二废热回收单元连接于所述第二热传递单元并且适于接收所述第二热传递介质并且产生第三电力输出。

18. 根据权利要求 17 所述的系统,其中所述电加热器连接于所述第二废热回收单元并且适于接收所述第三电力输出。

19. 根据权利要求 14 所述的系统,其中所述驱动器包括电动马达,并且其中所述电动马达和所述压缩机设置在密闭地密封的壳体内。

绝热式压缩空气蓄能处理

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求 2010 年 8 月 10 日提交的序列号为 61/372,252 的美国专利申请的优先权。该优先权申请在此通过参引的方式全部并入本申请中。

技术领域

[0003] 本公开涉及用于压缩空气蓄能 (CAES) 系统和方法, 并且更具体地, 本公开涉及绝热式 CAES。

背景技术

[0004] 通常, 消耗的电功率在高峰时段与非高峰时段之间变化。例如, 高峰时段可以包括 8 至 12 个日间小时, 而非高峰时段可以包括白天和 / 或夜晚的剩下的 12 至 16 个小时。CAES 是存储在非高峰时段期间产生的能量以用于在高峰时段期间使用的方式。

[0005] 在常规的 CAES 系统中, 来自电网的过剩的功率被用来向驱动压缩机的电动马达供电。被压缩机压缩的气体 (通常为大气) 被冷却并以高压存储在地下贮气室中。在高峰时段期间, 压缩空气被从地下贮气室中抽出、被加热并被供给至燃烧系统, 该燃烧系统使热气体进一步膨胀以经过涡轮机。来自被加热的压缩空气的能量驱动涡轮机, 涡轮机连接于发电机并且驱动发电机。发电机产生被重新供给到电网的电力。在称为“绝热式”CAES 系统的前述系统中, 来自从压缩机输出的气体的热能被传递到系统之外, 并且附加的能量被用来对馈送到涡轮机的压缩空气重新加热。

[0006] 因此, 希望找到一种提供较高的效率和降低的成本的改进的 CAES 系统和方法。

发明内容

[0007] 本公开的实施例可以提供压缩空气蓄能系统。该系统可以包括适于接收处理气体并且输出被压缩的处理气体的压缩机。热传递单元可以连接于压缩机并且适于接收被压缩的处理气体和热传递介质并且输出被冷却的处理气体和被加热的热传递介质。压缩气体储存单元可以连接于热传递单元并且适于接收并储存被冷却的处理气体。废热回收单元可以连接于热传递单元并且适于接收被加热的热传递介质。蓄热体可以连接于废热回收单元和压缩气体储存单元, 并且蓄热体可以适于被废热回收单元加热、适于接收来自压缩气体储存单元的被冷却的处理气体、适于加热被冷却的处理气体、并且适于输出被加热的处理气体。发电单元可以连接于蓄热体并且适于接收被加热的处理气体并产生电力输出。

[0008] 本公开的实施例可以进一步提供发电方法。该方法可以包括利用压缩机压缩处理气体以产生被压缩的处理气体。该方法还可以包括利用热传递单元将热量从被压缩的处理气体传递到热传递介质, 以产生被冷却的处理气体和被加热的热传递介质。该方法可以进一步包括将被冷却的处理气体储存在压缩气体储存单元中。该方法可以进一步包括将被加热的热传递介质输送到废热回收单元。该方法可以进一步包括利用废热回收单元来加热蓄热体。该方法可以进一步包括将被冷却的处理气体从压缩气体储存单元输送到蓄热体。该

方法可以进一步包括利用蓄热体来加热被冷却的处理气体以产生被加热的处理气体。该方法可以进一步包括将被加热的处理气体从蓄热体输送到发电单元。该方法可以进一步包括利用发电单元产生电力输出。

[0009] 本公开的实施例可以进一步提供压缩气体蓄能系统。压缩机可以连接于驱动器并由驱动器驱动,并且压缩机可以适于压缩处理气体。第一热传递单元可以连接于压缩机并且适于接收来自压缩机的处理气体并且将热量从压缩气体传递到第一热传递介质。第一废热回收单元可以连接于第一热传递单元并且适于接收来自第一热传递单元的第一热传递介质并产生第一电力输出。处理冷却器可以连接于第一热传递单元并且适于接收来自第一热传递单元的处理气体并冷却处理气体。压缩气体储存单元可以连接于处理冷却器并且适于接收来自处理冷却器的处理气体并储存处理气体。电加热器可以连接于第一废热回收单元并且适于接收第一电力输出。蓄热体可以连接于电加热器和压缩气体储存单元并且适于被电加热器加热、适于接收来自压缩气体储存单元的处理气体、并且适于加热处理气体。发电单元可以连接于蓄热体并且适于接收来自蓄热体的处理气体并产生第二电力输出。

附图说明

[0010] 当结合附图阅读下文的详细描述时将最佳地理解本公开。需要强调的是,根据行业的标准实践,多种特征并不是按照真实比例绘制的。实际上,为了论述清楚起见,多种特征的尺寸可能被随意地放大或缩小了。

[0011] 图 1 示出了根据所描述的一个或多个实施例的说明性的绝热式 CAES 系统的框图。

[0012] 图 2 示出了根据所描述的一个或多个实施例的包括超音速压缩机组的另一个说明性的绝热式 CAES 系统的框图。

[0013] 图 3 示出了根据所描述的一个或多个实施例的使用储存的压缩空气能来发电的说明性方法的流程图。

具体实施方式

[0014] 应当理解,下文的公开内容描述了用于实施本发明的不同特征、结构或功能的多个示例性实施例。在下文中描述部件、布置和构造的示例性实施例以简化本公开;然而,提供这些示例性实施例仅仅是作为示例,并不是为了限制本发明的范围。另外,本公开可以在多个示例性实施例中并且贯穿本文提供的附图重复使用参考数字和/或字母。这种重复是为了简化和清楚的目的,本质上并不是规定各个示例性实施例和/或各个附图中论述的构造之间的关系。另外,在下文的描述中,“第一特征形成在第二特征上方或第二特征上”可以包括第一特征和第二特征形成为直接接触的实施例,也可以包括可以形成有位于第一特征和第二特征之间的、使得第一特征和第二特征可以不直接接触的附加特征的实施例。最后,下面提出的示例性实施例可以通过任何组合的方式来组合,即,来自一个示例性实施例的任何元件可以在任何其他示例性实施例中使用时而不偏离本公开的范围。

[0015] 另外,贯穿下文的描述以及权利要求使用某些术语以表示特定的组成部分。如本领域技术人员将认识到的,不同的人可能通过不同的名称来表示同一个组成部分,因此,对本文描述的元件的命名规则并不限制本发明的范围,除非具体地另有限定。另外,本文使用的命名规则并不区分在名称上不同但在功能上并没有什么不同的组成部分。另外,在下文

的论述以及在权利要求中,词语“包括”和“包含”是开放式的表述,因此应当理解为意指“包括但不限于”。本公开中的所有数值可以是精确值或近似值,除非另有具体说明。因此,本公开的各种实施例可以与本文公开的数量、值和范围有所偏差而不偏离所期望的范围。另外,如在权利要求或说明书中使用的,用语“或”意在涵盖“不包含”的情况和“包含”的情况,即“A 或 B”意在与“A 和 B 中的至少一个”是同义的,除非文中明确地另有指明。

[0016] 图 1 示出了根据所描述的一个或多个实施例的说明性的绝热式 CAES 系统 100 的框图。CAES 系统 100 可以包括压缩机组 104,压缩机组 104 具有一个或多个适于压缩处理气体的压缩机 106、126、146、166。在至少一个实施例中,处理气体可以是周围空气。压缩机 106、126、146、166 可以是超音速压缩机、离心压缩机、轴流式压缩机、往复式压缩机、旋转螺杆式压缩机、旋转叶片式压缩机、涡旋压缩机、隔膜压缩机等。

[0017] 压缩机组 104 还可以包括连接于压缩机 106、126、146、166 并且适于驱动压缩机 106、126、146、166 的一个或多个驱动器 105、125、145、165。驱动器 105、125、145、165 可以是电动马达、涡轮机、或者本领域公知的用来驱动压缩机 106、126、146、166 的任何其他装置。尽管在图 1 中示出了 4 个驱动器 105、125、145、165 和 4 个压缩机 106、126、146、166,但在 CAES 系统 100 的压缩机组 104 中可以使用任何数量的驱动器 105、125、145、165 和 / 或压缩机 106、126、146、166。

[0018] 如图所示,在至少一个实施例中,第一驱动器 105 可以驱动第一压缩机 106,第二驱动器 125 可以驱动第二压缩机 126,第三驱动器 145 可以驱动第三压缩机 146,并且第四驱动器 165 可以驱动第四压缩机 166。在至少一个实施例中,驱动器 105、125、145、165 与压缩机 106、126、146、166 中的至少一对可以一起地设置在密闭地密封的壳体(未示出)中。例如,驱动器 105、125、145、165 压缩机 106、126、146、166 中的至少一对可以包括从美国纽约州的奥利安的德莱赛兰(Dresser-Rand)可商购的 **DATUM[®]** 离心压缩机单元。在另一个实施例中,压缩机 106、126、146、166 中的至少一个可以包括由美国华盛顿州的贝尔维尤(Bellevue)的 Ramgen 动力系统有限公司开发的 **Rampressors[®]**。

[0019] 在非高峰时段期间,压缩机组 104 可以对处理气体进行压缩,并且处理气体可以被引入到压缩气体储存单元 185 中并被储存在其中。在至少一个实施例中,压缩气体储存单元 185 可以是地下贮气室或容器。例如,压缩气体储存单元 185 可以是岩洞、盐洞、蓄水层、废弃矿井、枯竭的气田、储存在水下或地面上的容器、等等。然而,在此也可以想到使用其他压缩气体储存单元 185。

[0020] 热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 可以设置在压缩机组 104 的压缩机和 / 或级 106、126、146、166 之间。热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 可以包括盘管系统、壳-管系统、直接接触系统、或者本领域公知的其他热传递系统。热传递介质可以流过热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 并且从处理气体吸收热量。因此,热传递介质在离开热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 时具有比在进入热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 时高的温度,即,热传递介质被加热,并且处理气体在离开热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 时具有比在进入热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 时低的温度,即,处理气体被冷却。热传递介质可以是水、蒸汽、合适的制冷剂、诸如 CO₂ 或丙烷之类的处理气体、上述对象的组合、或者任何其

他合适的热传递介质。

[0021] 热传递单元 109、129、149、169 可以是高能级(high grade)的热传递单元,而热传递单元 115、135、155、175 可以是低能级(low grade)的热传递单元。每个高能级热传递单元 109、129、149、169 可以设置在低能级热传递单元 115、135、155、175 中的一个或多个的上游。因此,引入到每个高能级热传递单元 109、129、149、169 的处理气体可以具有比引入到每个相邻的低能级热传递单元 115、135、155、175 的处理气体高的温度。根据具体设计不同,除了从处理流(process stream)中提取能量之外,热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 中的一个或多个还可以对该处理过程引入冷却操作,从而将处理流的温度降低到低于周围环境的温度。利用这种构造,处理冷却器 121、141、161 和 181 不再是必需的。

[0022] 每个热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 可以连接于废热回收单元(WHRU)112、118、132、138、152、158、172、178。在热传递介质流过热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 并且在热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 中被加热之后,热传递介质可以被引入到与热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 连接的废热回收单元(WHRU)112、118、132、138、152、158、172、178。WHRU112、118、132、138、152、158、172、178 可以各自包括:涡轮机(未示出),例如高压涡轮机膨胀器;以及发电机(未示出)。热传递介质可以直接驱动涡轮机膨胀器,或者可以用来将热能传递到另外的气体以驱动涡轮机膨胀器,并且涡轮机膨胀器可以向发电机提供动力,发电机可以产生电力。

[0023] WHRU112、132、152、172 可以是高能级的 WHRU,而 WHRU118、138、158、178 可以是低能级的 WHRU。高能级 WHRU112、132、152、172 可以接收来自高能级热传递单元 109、129、149、169 的热传递介质,而低能级 WHRU118、138、158、178 可以接收来自低能级热传递单元 115、135、155、175 的热传递介质。在至少一个实施例中,WHRU112、118、132、138、152、158、172、178 可以根据处理流的温度和 WHRU 的设计而回收输入到该系统中的能量的大约 10%至大约 30%、大约 20%至大约 40%、大约 25%至大约 50%,或更多。回收的能量的大小直接取决于处理流的温度。在至少一个实施例中,高能级 WHRU112、132、152、172 可以产生大约 5MW 至大约 15MW 之间的电力,而低能级 WHRU118、138、158、178 可以产生大约 1MW 至大约 5MW 之间的电力。例如,高能级 WHRU112、132、152、172 可以产生大约 8.5MW 至大约 12MW 之间的电力,而低能级 WHRU118、138、158、178 可以产生大约 2MW 至大约 4MW 之间的电力。

[0024] 处理冷却器 121、141、161、181 可以设置在压缩机组 104 中的压缩机 106、126、146、166 和 / 或压缩机级之间。在至少一个实施例中,处理冷却器 121、141、161、181 可以是后冷器或中冷器。处理冷却器 121、141、161、181 可以从空气中去除未被热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 去除的剩余的热量并将该剩余热量排到周围环境中。可以使用使空气返回到比周围冷的下一级压缩机的能量提取方案。

[0025] WHRU112、118、132、138、152、158、172、178 产生的电力可以向设置在蓄热体(thermal mass)188 上或蓄热体 188 中的一个或多个电加热器(示出了其中一个)189 供电。因此,来自被压缩机组 104 压缩的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热。在至少一个实施例中,蓄热体 188 可以包括固态蓄热体、液态蓄热体、热盐等等。例如,蓄热体 188 可以包括水、土、压实的土、泥、岩石、石头、混凝土或木材。然而,这里也能够想到使用其他材料。在至少一个实施例中,蓄热体 188 可以设置在人造绝热容器(未示出)内。

[0026] 能量源 187 可以用来增强供给至电加热器 189 的能量。能量源 187 可以是气体发

电机或电网。能量源 187 还可以是诸如风能、太阳能、地热能或者本领域公知的任何其他可再生能源之类的可再生能源。

[0027] 在高峰时段期间,可以从压缩气体储存单元 185 获取被压缩的处理气体并使用该气体来向发电单元 192 供电。在到达发电单元 192 之前,被压缩的处理气体可以被引入到蓄热体 188,并且来自蓄热体 188 的热量可以被传递到被压缩的处理气体。在至少一个实施例中,被压缩的处理气体可以作为自由流被喷入蓄热体 188 中。

[0028] 被加热的处理气体可以从蓄热体 188 被供给到发电单元 192。在至少一个实施例中,发电单元 192 可以包括膨胀器 194 和发电机 195。被加热的处理气体可以在膨胀器 194 中膨胀,从而产生驱动发电机 195 的机械动力。在至少一个实施例中,来自蓄热体 188 的被加热的处理气体可以在进入膨胀器 194 之前与燃料组合并且在燃烧器 193 中燃烧。燃料可以包括碳氢化合物原料或本领域已知的其他燃料。发电机 195 可以在高峰时段期间发电并且向电网 101 供给电力。在至少一个实施例中,发电单元 192 可以产生 10MW 至 170MW 之间的电力。

[0029] 热传递单元 196 可以构造成从来自燃烧器 193、膨胀器 194 和发电机 195 中的至少一个的排放物中回收热能。WHRU197 可以连接于热传递单元 196 并且构造成发电。WHRU197 产生的电力可以被供给至电加热器 189 和 / 或驱动器 105、125、145、165 中的至少一个。热传递单元 196 可以与热传递单元 109、115、129、135、149、155、169、175 中的任何一个相同,或者可以不同,并且 WHRU197 可以与 WHRU112、118、132、138、152、158、172、178 中的任何一个相同,或者可以不同。

[0030] 在操作时,处理气体可以通过线路 107 被引入到第一压缩机 106。在至少一个实施例中,线路 107 中的处理气体可以具有大约 10psia (磅 / 平方英寸) 至大约 20psia 之间的压力、大约 40° F 至大约 110° F 之间的温度、大约 50% 至大约 70% 之间的相对湿度(RH)、以及大约 370 磅 / 秒至大约 470 磅 / 秒之间的流速。在另一实施例中,RH 可以在大约 0% 至大约 100% 之间,并且流速可以在大约 25 磅 / 秒至大约 100 磅 / 秒之间。例如,线路 107 中的处理气体可以具有大约 14.7psia 的压力、大约 95° F 的温度、大约 60% 的 RH、以及大约 420 磅 / 秒的流速。第一压缩机 106 可以对处理气体进行压缩并且在线路 108 中输出被压缩的处理气体。线路 108 中的被压缩的处理气体可以具有大约 60psia 至大约 90psia 之间的压力和大约 350° F 至大约 450° F 之间的温度。例如,线路 108 中的被压缩的处理气体可以具有大约 75psia 的压力和大约 400° F 的温度。

[0031] 被压缩的处理气体可以通过线路 108 被引入到第一热传递单元 109,并且热传递介质可以通过线路 110 被引入到第一热传递单元 109。热传递单元 109 将热量从被压缩的处理气体传递到热传递介质并且在线路 114 中输出处理气体以及在线路 111 中输出热传递介质。

[0032] 线路 111 中的热传递介质可以被引入到第一 WHRU112 中。在至少一个实施例中,第一 WHRU112 可以在线路 113 中产生向电加热器 189 供电的电力。在另一实施例中,第一 WHRU112 可以产生通过线路 122 被供给至第一驱动器 105 的电力。因此,来自线路 108 中的被压缩的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和 / 或驱动第一驱动器 105。

[0033] 在至少一个实施例中,线路 114 中的处理气体可以具有大约 50psia 至大约 80psia 之间的压力和大约 300° F 至大约 500° F 之间的温度。例如,线路 114 中的处理气体可以

具有大约 73psia 的压力和大约 250° F 的温度。处理气体可以通过线路 114 被引入到第二热传递单元 115, 并且热传递介质可以通过线路 116 被引入到第二热传递单元 115。该热传递单元将热量从处理气体传递到热传递介质并且在线路 120 中输出处理气体以及在线路 117 中输出热传递介质。

[0034] 线路 117 中的热传递介质可以被引入到第二 WHRU118 中。在至少一个实施例中, 第二 WHRU118 可以在线路 119 中产生向电加热器 189 供电的电力。在另一实施例中, 第二 WHRU118 可以产生通过线路 123 被供给至第一驱动器 105 的电力。因此, 来自线路 114 中的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和 / 或驱动第一驱动器 105。

[0035] 在至少一个实施例中, 线路 120 中的处理气体可以具有大约 50psia 至大约 80psia 之间的压力和大约 300° F 至大约 500° F 之间的温度。例如, 线路 120 中的处理气体可以具有大约 73psia 的压力和大约 150° F 的温度。线路 120 中的处理气体可以被引入到第一处理冷却器 121, 第一处理冷却器 121 可以进一步冷却处理气体并且在线路 127 中输出处理气体。在至少一个实施例中, 线路 127 中的处理气体可以具有大约 55psia 至大约 85psia 之间的压力和大约 100° F 至大约 160° F 之间的温度。例如, 线路 127 中的处理气体可以具有大约 70psia 的压力和大约 130° F 的温度。

[0036] 线路 127 中的处理气体可以被引入到第二压缩机 126。第二压缩机 126 可以对线路 127 中的处理气体进行压缩并且在线路 128 中输出第二被压缩的处理气体。在至少一个实施例中, 线路 128 中的第二被压缩的处理气体可以具有大约 200psia 至大约 300psia 之间的压力和大约 250° F 至大约 350° F 之间的温度。例如, 线路 128 中的第二被压缩的处理气体可以具有大约 250psia 的压力和大约 300° F 的温度。

[0037] 第二被压缩的处理气体可以通过线路 128 被引入到第三热传递单元 129 中, 并且热传递介质可以通过线路 130 被引入到第三热传递单元 129 中。第三热传递单元 129 将热量从第二被压缩的处理气体传递到热传递介质并且在线路 134 中输出处理气体以及在线路 131 中输出热传递介质。

[0038] 线路 131 中的热传递介质可以被引入到第三 WHRU132 中。在至少一个实施例中, 第三 WHRU132 可以在线路 133 中产生向电加热器 189 供电的电力。在另一实施例中, 第三 WHRU132 可以产生通过线路 142 被供给至第二驱动器 125 的电力。因此, 来自线路 128 中的第二被压缩的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和 / 或驱动第二驱动器 125。

[0039] 在至少一个实施例中, 线路 134 中的处理气体可以具有大约 200psia 至大约 500psia 之间的压力和大约 100° F 至大约 300° F 之间的温度。例如, 线路 134 中的处理气体可以具有大约 250psia 的压力和大约 200° F 的温度。处理气体可以通过线路 134 被引入到第四热传递单元 135, 并且热传递介质可以通过线路 136 被引入到第四热传递单元 135。第四热传递单元 135 将热量从处理气体传递到热传递介质并且在线路 140 中输出处理气体以及在线路 137 中输出热传递介质。

[0040] 线路 137 中的热传递介质可以被引入到第四 WHRU138 中。在至少一个实施例中, 第四 WHRU138 可以在线路 139 中产生向电加热器 189 供电的电力。在另一实施例中, 第四 WHRU138 可以产生通过线路 143 被供给至第二驱动器 125 的电力。因此, 来自线路 134 中的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和 / 或驱动第二驱动器 125。

[0041] 在至少一个实施例中, 线路 140 中的处理气体可以具有大约 200psia 至大约

500psia 之间的压力和大约 100° F 至大约 300° F 之间的温度。例如,线路 140 中的处理气体可以具有大约 245psia 的压力和大约 125° F 的温度。线路 140 中的处理气体可以被引入到第二处理冷却器 141,第二处理冷却器 141 可以进一步冷却处理气体并且在线路 147 中输出处理气体。在至少一个实施例中,线路 147 中的处理气体可以具有大约 195psia 至大约 295psia 之间的压力和大约 100° F 至大约 160° F 之间的温度。例如,线路 147 中的处理气体可以具有大约 245psia 的压力和大约 130° F 的温度。线路 147 中的处理气体可以被引入到第三压缩机 146。第三压缩机 146 可以对处理气体进行压缩并且在线路 148 中输出第三被压缩的处理气体。在至少一个实施例中,线路 148 中的第三被压缩的处理气体可以具有大约 500psia 至大约 600psia 之间的压力和大约 250° F 至大约 350° F 之间的温度。例如,线路 148 中的第三被压缩的处理气体可以具有大约 550psia 的压力和大约 300° F 的温度。

[0042] 第三被压缩的处理气体可以通过线路 148 被引入到第五热传递单元 149 中,并且热传递介质可以通过线路 150 被引入到第五热传递单元 149 中。第五热传递单元 149 将热量从第三被压缩的处理气体传递到热传递介质并且在线路 154 中输出处理气体以及在线路 151 中输出热传递介质。

[0043] 线路 151 中的热传递介质可以被引入到第五 WHRU152 中。在至少一个实施例中,第五 WHRU152 可以在线路 153 中产生向电加热器 189 供电的电力。在另一实施例中,第五 WHRU152 可以产生通过线路 162 被供给至第三驱动器 145 的电力。因此,来自线路 148 中的第三被压缩的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和/或驱动第三驱动器 145。

[0044] 在至少一个实施例中,线路 154 中的处理气体可以具有大约 300psia 至大约 600psia 之间的压力和大约 200° F 至大约 500° F 之间的温度。例如,线路 154 中的处理气体可以具有大约 545psia 的压力和大约 175° F 的温度。处理气体可以通过线路 154 被引入到第六热传递单元 155,并且热传递介质可以通过线路 156 被引入到第六热传递单元 155。第六热传递单元将热量从处理气体传递到热传递介质并且在线路 160 中输出处理气体以及在线路 157 中输出热传递介质。

[0045] 线路 157 中的热传递介质可以被引入到第六 WHRU158 中。在至少一个实施例中,第六 WHRU158 可以在线路 159 中产生向电加热器 189 供电的电力。在另一实施例中,第六 WHRU158 可以产生通过线路 163 被供给至第三驱动器 145 的电力。因此,来自线路 154 中的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和/或驱动第三驱动器 145。

[0046] 在至少一个实施例中,线路 160 中的处理气体可以具有大约 300psia 至大约 600psia 之间的压力和大约 100° F 至大约 200° F 之间的温度。例如,线路 160 中的处理气体可以具有大约 540psia 的压力和大约 100° F 的温度。线路 160 中的处理气体可以被引入到第三处理冷却器 161,第三处理冷却器 161 可以进一步冷却处理气体并且在线路 167 中输出处理气体。在至少一个实施例中,线路 167 中的处理气体可以具有大约 495psia 至大约 595psia 之间的压力和大约 100° F 至大约 160° F 之间的温度。例如,线路 167 中的处理气体可以具有大约 545psia 的压力和大约 130° F 的温度。

[0047] 线路 167 中的处理气体可以被引入到第四压缩机 166。第四压缩机 166 可以对处理气体进行压缩并且在线路 168 中输出第四被压缩的处理气体。在至少一个实施例中,线路 168 中的第四被压缩的处理气体可以具有大约 1320psia 至大约 1720psia 之间的压力和

大约 250° F 至大约 350° F 之间的温度。例如,线路 168 中的第四被压缩的处理气体可以具有大约 1520psia 的压力和大约 300° F 的温度。

[0048] 第四被压缩的处理气体可以通过线路 168 被引入到第七热传递单元 169 中,并且热传递介质可以通过线路 170 被引入到第七热传递单元 169 中。第七热传递单元 169 将热量从第四被压缩的处理气体传递到热传递介质并且在线路 174 中输出处理气体以及在线路 171 中输出热传递介质。

[0049] 线路 171 中的热传递介质可以被引入到第七 WHRU172 中。在至少一个实施例中,第七 WHRU172 可以在线路 173 中产生向电加热器 189 供电的电力。在另一实施例中,第七 WHRU172 可以产生通过线路 182 被供给至第五驱动器 165 的电力。因此,来自线路 168 中的第四被压缩的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和 / 或驱动第四驱动器 165。

[0050] 在至少一个实施例中,线路 174 中的处理气体可以具有大约 1250psia 至大约 1800psia 之间的压力和大约 200° F 至大约 300° F 之间的温度。例如,线路 174 中的处理气体可以具有大约 1515psia 的压力和大约 185° F 的温度。处理气体可以通过线路 174 被引入到第八热传递单元 175,并且热传递介质可以通过线路 176 被引入到第八热传递单元 175。第八热传递单元将热量从处理气体传递到热传递介质并且在线路 180 中输出处理气体以及在线路 177 中输出热传递介质。

[0051] 线路 177 中的热传递介质可以被引入到第八 WHRU178 中。在至少一个实施例中,第八 WHRU178 可以在线路 179 中产生向电加热器 189 供电的电力。在另一实施例中,第八 WHRU178 可以产生通过线路 183 被供给至第四驱动器 165 的电力。因此,来自线路 174 中的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和 / 或驱动第四驱动器 165。

[0052] 在至少一个实施例中,线路 180 中的处理气体可以具有大约 1250psia 至大约 1800psia 之间的压力和大约 100° F 至大约 200° F 之间的温度。例如,线路 180 中的处理气体可以具有大约 1510psia 的压力和大约 120° F 的温度。线路 180 中的处理气体可以被引入到第四处理冷却器 181,第四处理冷却器 181 可以进一步冷却处理气体并且在线路 184 中输出处理气体。在至少一个实施例中,线路 184 中的处理气体可以具有大约 1300psia 至大约 1700psia 之间的压力和大约 70° F 至大约 100° F 之间的温度。例如,线路 184 中的处理气体可以具有大约 1500psia 的压力和大约 85° F 的温度。

[0053] 线路 184 中的处理气体可以在非高峰时段期间被引入到压缩气体储存单元 185 中并被储存在其中。在高峰时段期间,处理气体可以从压缩气体储存单元 185 中获取并且用来驱动发电单元 192。在被引入到发电单元 192 之前,处理气体可以通过线路 186 被引入到蓄热体 188 中。蓄热体可以将热量传递到处理气体。蓄热体 188 可以将被压缩的处理气体加热到大约 600° F 至大约 1400° F 之间的温度。例如,蓄热体 188 可以将被压缩的处理气体加热到大约 800° F 至大约 1000° F 之间的温度。

[0054] 处理气体可以从蓄热体 188 通过线路 190 被输送到发电单元 192。处理气体可以在膨胀器 194 中膨胀,从而产生驱动发电机 195 的机械动力。在至少一个实施例中,处理气体在被引入到膨胀器 194 之前与燃料组合并且在燃烧器 193 中燃烧。发电机 195 可以在高峰时段期间发电并且向电网 101 供电。在至少一个实施例中,发电机 195 产生的电力的至少一部分可以通过线路 191 被引入到电加热器 189。

[0055] 图 2 示出了根据所描述的一个或多个实施例的包括超音速压缩机组 204 的另一个

说明性的绝热式 CAES 系统 200 的框图。在至少一个实施例中,图 2 的部件可以与图 1 中的相应部件基本相似,不同之处在于图 2 中的压缩机 206、226 可以是超音速压缩机。超音速压缩机组 204 中的超音速压缩机 206、226 可以以比亚音速压缩机组 104 (见图 1) 少的压缩机实现期望的温度和压力。在至少一个实施例中,超音速压缩机 206、226 可以由美国华盛顿州的贝尔维尤(Bellevue)的 Ramgen 动力系统有限公司开发的 **Rampressors[®]**。在至少一个实施例中,第一压缩机 206 可以是具有大约 60 英寸的叶轮的超音速压缩机,并且第二压缩机可以是具有大约 34 英寸的叶轮的超音速压缩机。在超音速压缩机组 204 中可以使用任何数量的超音速压缩机 206、226。

[0056] 超音速压缩机 206、226 可以由驱动器 205、225 驱动。在至少一个实施例中,第一驱动器 205 可以是大约 71MW 的电动马达,并且第二驱动器 225 可以是大约 69MW 的电动马达。然而,在此也可以想到其他的马达尺寸。

[0057] 在操作中,处理气体可以通过线路 207 被引入到第一超音速压缩机 206。在至少一个实施例中,线路 207 中的处理气体可以具有大约 10psia 至大约 20psia 之间的压力、大约 80° F 至大约 110° F 之间的温度、大约 50% 至大约 70% 之间的相对湿度(RH)、以及大约 370 磅 / 秒至大约 470 磅 / 秒之间的流速。例如,线路 207 中的处理气体可以具有大约 14.7psia 的压力、大约 95° F 的温度、大约 60% 的 RH、以及大约 420 磅 / 秒的流速。第一超音速压缩机 206 可以对处理气体进行压缩并且在线路 208 中输出第一被压缩的处理气体。在至少一个实施例中,线路 208 中的第一被压缩的处理气体可以具有大约 100psia 至大约 200psia 之间的压力和大约 600° F 至大约 800° F 之间的温度。例如,线路 208 中的第一被压缩的处理气体可以具有大约 152.5psia 的压力和大约 700° F 的温度。

[0058] 第一被压缩的处理气体可以通过线路 208 被引入到第一热传递单元 209,并且热传递介质可以通过线路 210 被引入到第一热传递单元 209。第一热传递单元 209 将热量从第一被压缩的处理气体传递到热传递介质并且在线路 214 中输出处理气体以及在线路 211 中输出热传递介质。

[0059] 线路 211 中的热传递介质可以被引入到第一 WHRU212 中。在至少一个实施例中,第一 WHRU212 可以在线路 213 中产生向电加热器 289 供电的电力。在另一实施例中,第一 WHRU212 可以产生通过线路 222 被供给至第一驱动器 205 的电力。因此,来自线路 208 中的第一被压缩的处理气体的热能可以用来对蓄热体 288 进行加热和 / 或驱动第一驱动器 205。

[0060] 在至少一个实施例中,线路 214 中的处理气体可以具有大约 120psia 至大约 200psia 之间的压力和大约 160° F 至大约 360° F 之间的温度。例如,线路 214 中的处理气体可以具有大约 170psia 的压力和大约 260° F 的温度。处理气体可以通过线路 214 被引入到第二热传递单元 215,并且热传递介质可以通过线路 216 被引入到第二热传递单元 215。第二热传递单元 215 将热量从处理气体传递到热传递介质并且在线路 220 中输出处理气体以及在线路 217 中输出热传递介质。

[0061] 线路 217 中的热传递介质可以被引入到第二 WHRU218 中。在至少一个实施例中,第二 WHRU218 可以在线路 219 中产生向电加热器 289 供电的电力。在另一实施例中,第二 WHRU218 可以产生通过线路 223 被供给至第一驱动器 205 的电力。因此,来自线路 214 中的处理气体的热能可以用来对蓄热体 288 进行加热和 / 或驱动第一驱动器 205。

[0062] 在至少一个实施例中,线路 220 中的处理气体可以具有大约 110psia 至大约

180psia 之间的压力和大约 100° F 至大约 250° F 之间的温度。例如,线路 220 中的处理气体可以具有大约 145psia 的压力和大约 120° F 的温度。线路 220 中的处理气体可以被引入到第一处理冷却器 221,第一处理冷却器 221 进一步冷却处理气体并且在线路 227 中输出处理气体。在至少一个实施例中,线路 227 中的处理气体可以具有大约 100psia 至大约 200psia 之间的压力和大约 50° F 至大约 130° F 之间的温度。例如,第一冷却处理气体可以具有大约 149psia 的压力和大约 93° F 的温度。

[0063] 线路 227 中的处理气体可以被引入到第二超音速压缩机 226。第二超音速压缩机 226 可以对处理气体进行压缩并且在线路 228 中输出第二被压缩的处理气体。在至少一个实施例中,线路 228 中的第二被压缩的处理气体可以具有大约 1325psia 至大约 1725psia 之间的压力和大约 600° F 至大约 800° F 之间的温度。例如,线路 228 中的第二被压缩的处理气体可以具有大约 1525psia 的压力和大约 699° F 的温度。

[0064] 第二被压缩的处理气体可以通过线路 228 被引入到第三热传递单元 229 中,并且热传递介质可以通过线路 230 被引入到第三热传递单元 229 中。第三热传递单元将热量从第二被压缩的处理气体传递到热传递介质并且在线路 234 中输出处理气体以及在线路 231 中输出热传递介质。

[0065] 线路 231 中的热传递介质可以被引入到第三 WHRU232 中。在至少一个实施例中,第三 WHRU232 可以在线路 233 中产生向电加热器 289 供电的电力。在另一实施例中,第三 WHRU232 可以产生通过线路 242 被供给至第二驱动器 225 的电力。因此,来自线路 228 中的第二被压缩的处理气体的热能可以用来对蓄热体 188 进行加热和 / 或驱动第二驱动器 225。

[0066] 在至少一个实施例中,线路 234 中的处理气体可以具有大约 1250psia 至大约 1800psia 之间的压力和大约 160° F 至大约 360° F 之间的温度。例如,线路 234 中的处理气体可以具有大约 1520psia 的压力和大约 260° F 的温度。处理气体可以通过线路 234 被引入到第四热传递单元 235,并且热传递介质可以通过线路 236 被引入到第四热传递单元 235。第四热传递单元将热量从处理气体传递到热传递介质并且在线路 240 中输出处理气体以及在线路 237 中输出热传递介质。

[0067] 线路 237 中的热传递介质可以被引入到第四 WHRU238 中。在至少一个实施例中,第四 WHRU238 可以在线路 239 中产生向电加热器 289 供电的电力。在另一实施例中,第四 WHRU238 可以产生通过线路 243 被供给至第二驱动器 225 的电力。因此,来自线路 234 中的处理气体的热能可以用来对蓄热体 288 进行加热和 / 或驱动第二驱动器 225。

[0068] 在至少一个实施例中,线路 240 中的处理气体可以具有大约 1250psia 至大约 1800psia 之间的压力和大约 160° F 至大约 360° F 之间的温度。例如,线路 240 中的处理气体可以具有大约 1515psia 的压力和大约 120° F 的温度。线路 240 中的处理气体可以被引入到第二处理冷却器 241,第二处理冷却器 241 可以进一步冷却处理气体并且在线路 284 中输出处理气体。在至少一个实施例中,线路 284 中的处理气体可以具有大约 1300psia 至大约 1700psia 之间的压力和大约 70° F 至大约 100° F 之间的温度。例如,线路 284 中的处理气体可以具有大约 1500psia 的压力和大约 85° F 的温度。

[0069] 线路 284 中的处理气体可以在非高峰时段期间被引入到压缩气体储存单元 285 中并被储存在其中。在高峰时段期间,处理气体可以从压缩气体储存单元 285 获取并且用来驱动发电单元 292。在被引入到发电单元 292 之前,处理气体可以通过线路 286 被引入到蓄

热体 288 中。蓄热体 288 可以对线路 286 中的处理气体进行加热。在至少一个实施例中，蓄热体 288 可以将线路 286 中的处理气体加热到大约 800° F 至大约 1400° F 之间的温度。例如，蓄热体 288 可以将处理气体加热到大约 800° F 至大约 1000° F 之间的温度。

[0070] 处理气体可以从蓄热体 288 通过线路 290 被输送到发电单元 292。线路 290 中的处理气体可以向膨胀器 294 提供动力。在至少一个实施例中，线路 290 中的处理气体可以在被引入到膨胀器 294 之前与燃料组合并且在燃烧器 293 中燃烧。膨胀器 294 可以驱动发电机 295，并且发电机 295 可以在高峰时段期间发电并且向电网 201 供电。在至少一个实施例中，发电机 295 产生的电力的至少一部分可以通过线路 291 被引入到电加热器 289。

[0071] 热传递单元 296 可以构造成从来自燃烧器 293、膨胀器 294 和发电机 295 中的至少一个的排放物中回收热能。WHRU297 可以连接于热传递单元 296 并且构造成发电。WHRU297 产生的电力可以被供给至电加热器 289 和 / 或驱动器 205、225 中的至少一个。

[0072] 图 3 示出了使用储存的压缩空气能来发电的说明性方法 300 的流程图。方法 300 包括利用压缩机对处理气体进行压缩，以产生被压缩的处理气体，如 302 所示。方法 300 还包括利用热传递单元将热量从被压缩的处理气体传递到热传递介质，以产生被冷却的处理气体和被加热的热传递介质，如 304 所示。方法 300 还包括将被冷却的处理气体储存在压缩气体储存单元中，如 306 所示。方法 300 还包括将被加热的热传递介质输送到废热回收单元，如 308 所示。方法 300 还包括利用废热回收单元对蓄热体进行加热，如 310 所示。方法 300 还包括将被冷却的处理气体从压缩气体储存单元输送到蓄热体，如 312 所示。方法 300 还包括利用蓄热体对被冷却的处理气体进行加热，以产生被加热的处理气体，如 314 所示。方法 300 还包括将被加热的处理气体从蓄热体输送到发电单元，如 316 所示。方法 300 还包括利用发电单元来产生电力输出，如 318 所示。

[0073] 上述内容描述了多个实施例的特征，以使本领域技术人员可以更好地理解本公开。本领域技术人员应当认识到，他们可以容易地使用本公开作为设计或修改用于执行本文引入的实施例的相同目的和 / 或实现相同优点的其他方法和结构的基础。本领域技术人员还应当认识到，这种等同的构造并不偏离本公开的精神和范围，并且本领域技术人员可以在不偏离本公开的精神和范围的情况下在此进行各种改变、替换和变化。

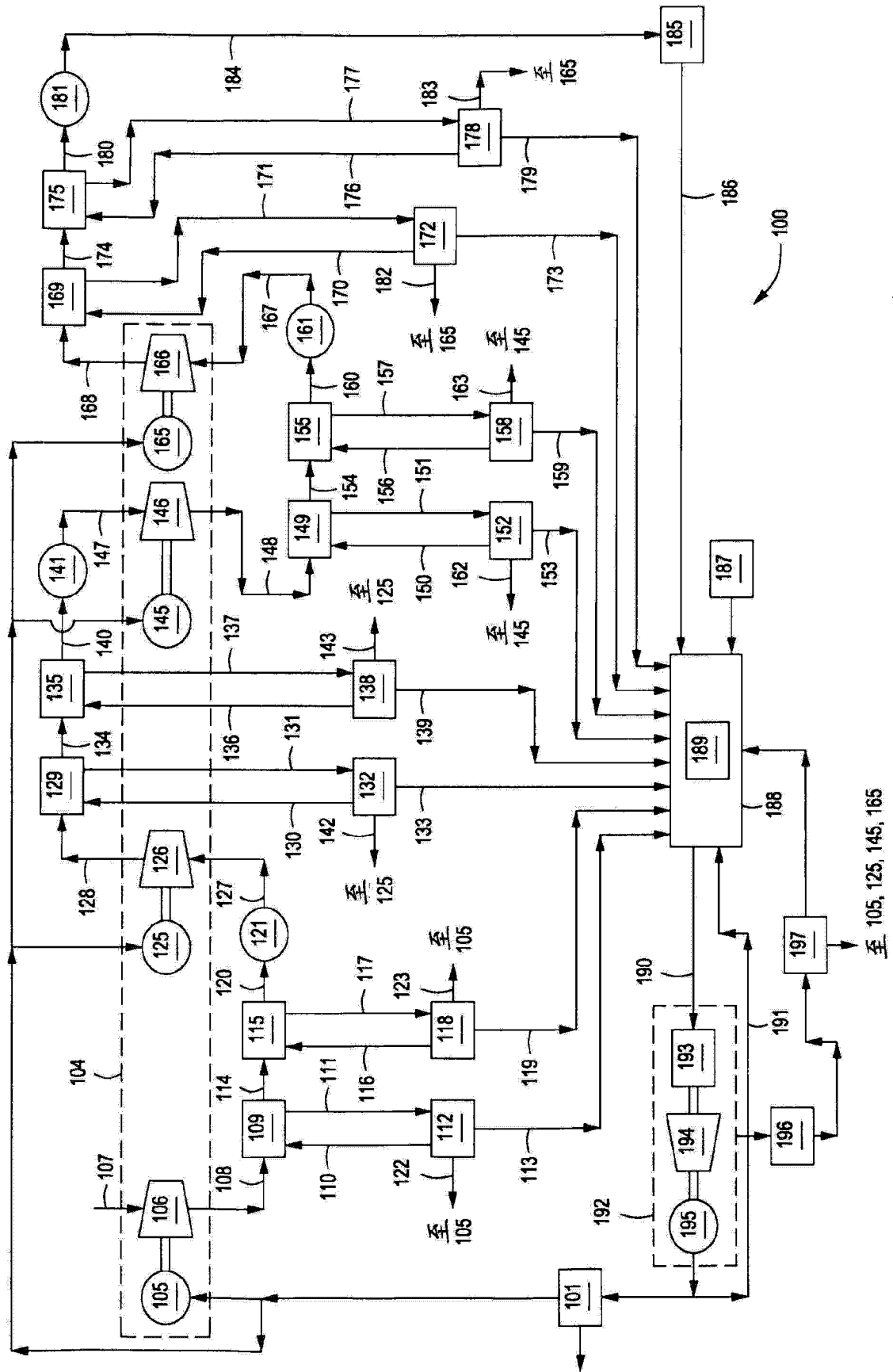


图 1

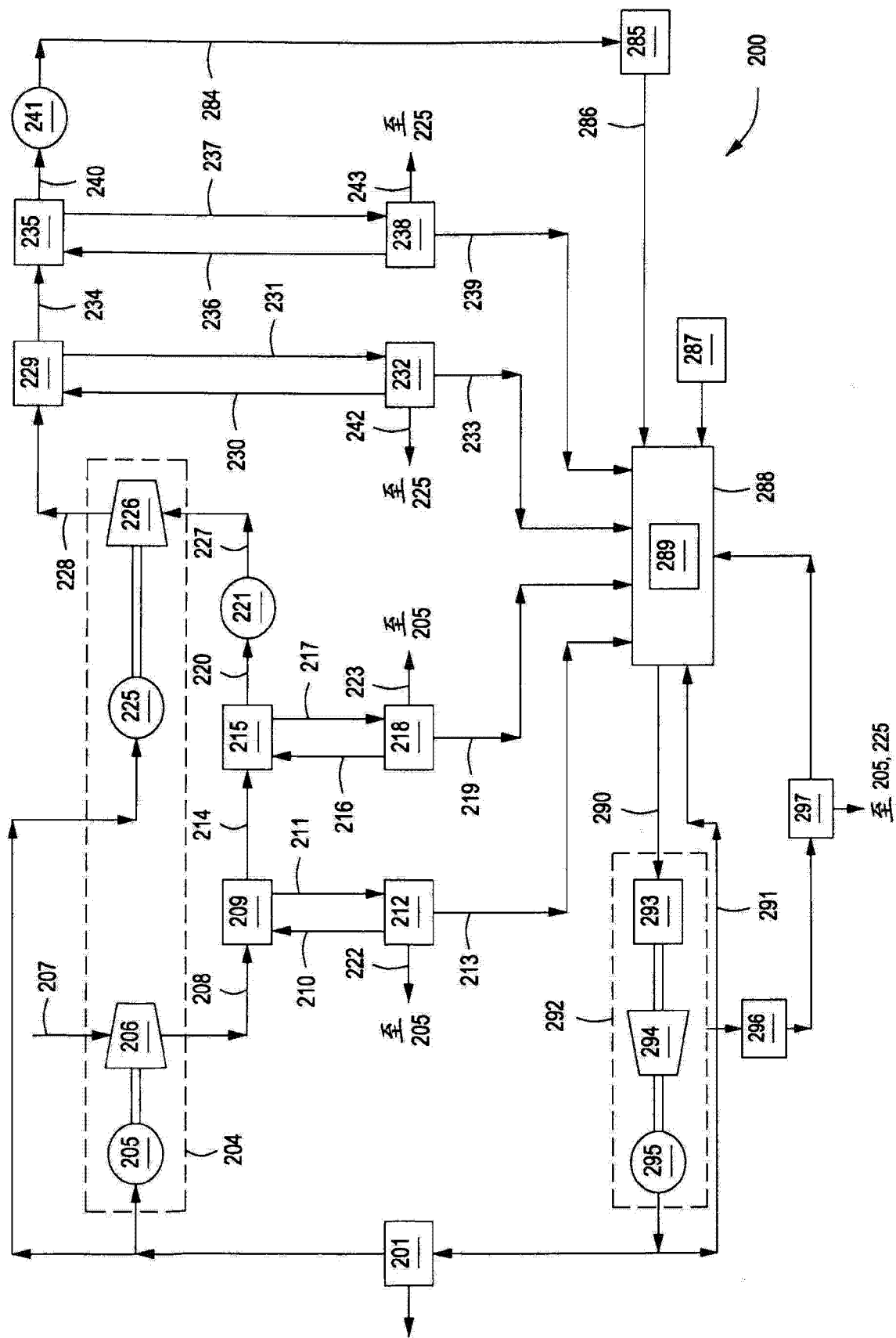


图 2

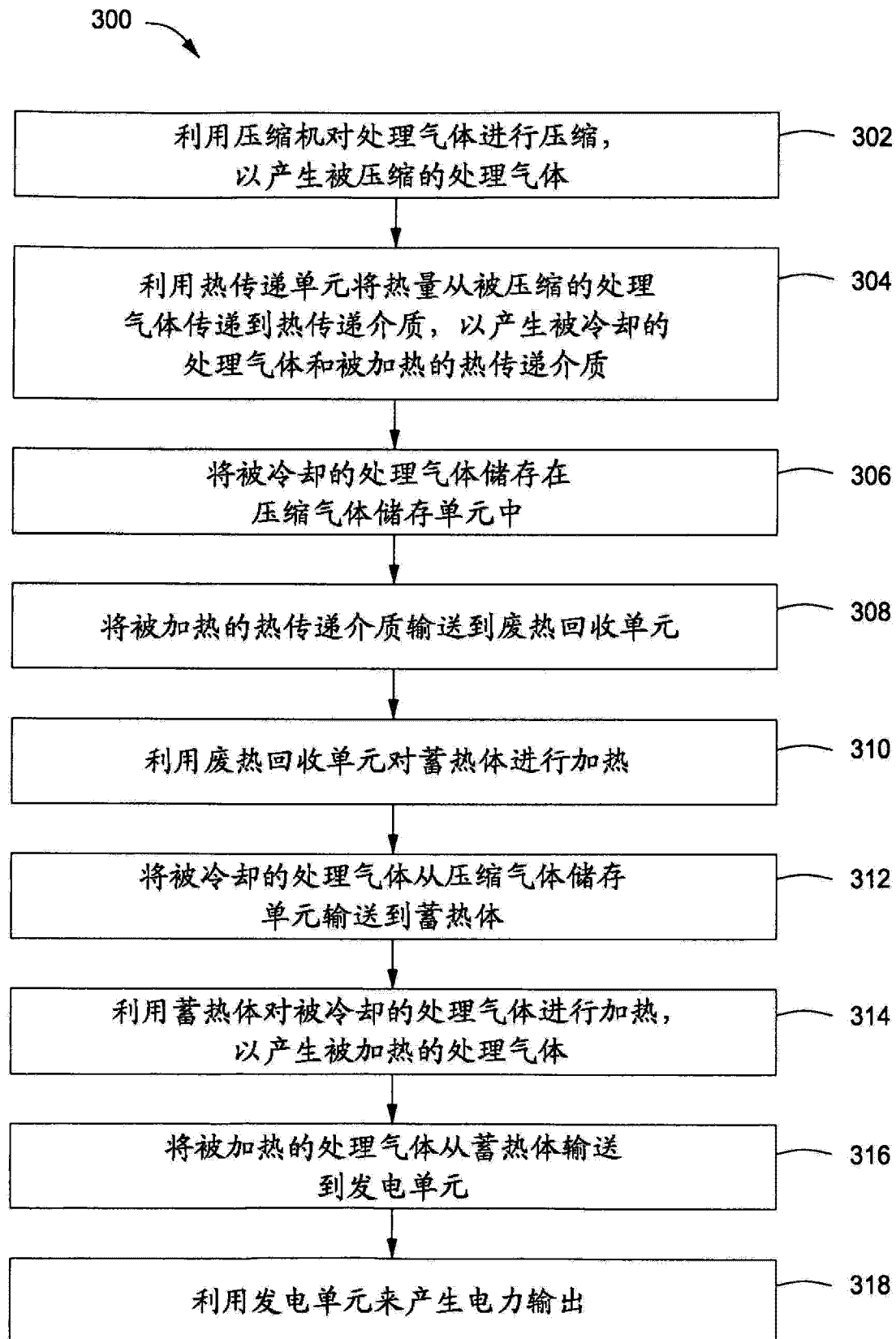


图 3